

**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>A61B 5/103, 5/026</b></p>	<b>A1</b>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 98/06329</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>19. Februar 1998 (19.02.98)</b></p>		
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/EP97/03409</b></p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: <b>30. Juni 1997 (30.06.97)</b></p> <p>(30) Prioritätsdaten: 196 32 263.4      9. August 1996 (09.08.96)      <b>DE</b></p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>DOMED MEDIZINTECHNIK GMBH [DE/DE]; Leopoldstrasse 76, D-80802 München (DE).</b></p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>OSER, Daniel [DE/DE]; Leopoldstrasse 76, D-80802 München (DE). CHRIST, Frank [DE/DE]; Ruffiniallee 41, D-82166 Gräfelfing (DE).</b></p> <p>(74) Anwälte: <b>GEISSLER, Bernhard usw.; Galileiplatz 1, D-81679 München (DE).</b></p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>(81) Bestimmungsstaaten: <b>JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b></p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.            Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p> </td> </tr> </table>			<p>(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/EP97/03409</b></p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: <b>30. Juni 1997 (30.06.97)</b></p> <p>(30) Prioritätsdaten: 196 32 263.4      9. August 1996 (09.08.96)      <b>DE</b></p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>DOMED MEDIZINTECHNIK GMBH [DE/DE]; Leopoldstrasse 76, D-80802 München (DE).</b></p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>OSER, Daniel [DE/DE]; Leopoldstrasse 76, D-80802 München (DE). CHRIST, Frank [DE/DE]; Ruffiniallee 41, D-82166 Gräfelfing (DE).</b></p> <p>(74) Anwälte: <b>GEISSLER, Bernhard usw.; Galileiplatz 1, D-81679 München (DE).</b></p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: <b>JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b></p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.            Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/EP97/03409</b></p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: <b>30. Juni 1997 (30.06.97)</b></p> <p>(30) Prioritätsdaten: 196 32 263.4      9. August 1996 (09.08.96)      <b>DE</b></p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>DOMED MEDIZINTECHNIK GMBH [DE/DE]; Leopoldstrasse 76, D-80802 München (DE).</b></p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>OSER, Daniel [DE/DE]; Leopoldstrasse 76, D-80802 München (DE). CHRIST, Frank [DE/DE]; Ruffiniallee 41, D-82166 Gräfelfing (DE).</b></p> <p>(74) Anwälte: <b>GEISSLER, Bernhard usw.; Galileiplatz 1, D-81679 München (DE).</b></p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: <b>JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b></p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.            Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>			

(54) Title: **PROCESS AND DEVICE FOR CARRYING OUT A VENOUS PLETHYSMOGRAPHY USING COMPRESSION**

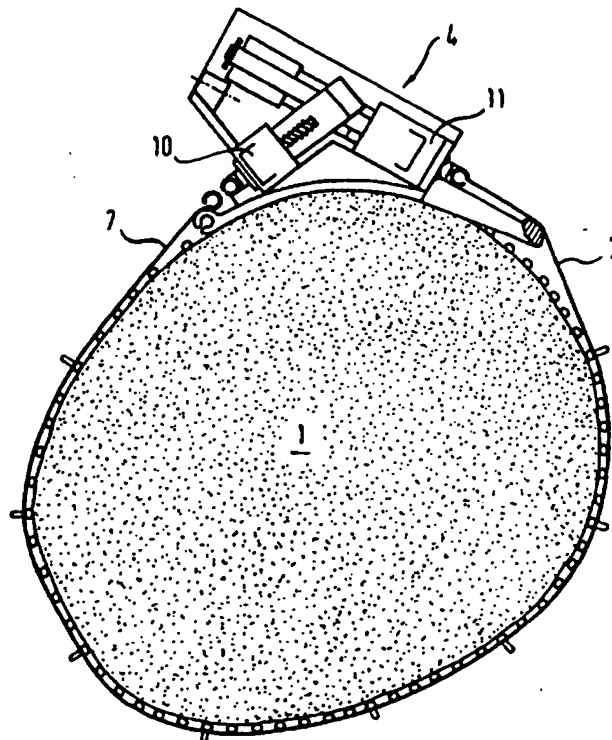
(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR VENÖSEN KOMPRESSIONSPLETHYSMOGRAPHIE**

(57) Abstract

This invention concerns a process and device for carrying out a venous plethysmography using compression with a strain gauge or by direct peripheral measurement, the calibration of the measurement device being automatic.

(57) Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur venösen Kompressionsplethysmographie mit einem Dehnungsmessstreifen oder durch direkte umfängliche Längenmessung, wobei die Kalibrierung der Messeinrichtung automatisch vorgenommen wird.



# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland		
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

---

## Verfahren und Vorrichtung zur venösen Kompressionsplethysmographie

---

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur venösen Kompressionsplethysmographie.

Die venöse Kompressionsplethysmographie ist ein bereits seit längerem bekanntes Verfahren zur Bestimmung mikrovaskulärer Parameter von Extremitäten, wie der venösen Kapazität, der venösen Elastizität, der venösen Abflußgeschwindigkeit, des arteriellen Blutflusses und der kapillären Filtrationsrate. Allgemein erlaubt die venöse Kompressionsplethysmographie qualitative und quantitative Aussagen über Zustand und Funktion der Mikrogefäße in einer Extremität eines Patienten.

Die venöse Kompressionsplethysmographie kann auf sehr unterschiedliche Weisen realisiert werden, zum Beispiel als Wasser-, Luft-, Impedanz-, Kapazitäts-, Induktions- oder Dehnungsmeßstreifenplethysmographie. Diese Verfahren verwenden unterschiedliche physikalische Phänomene, um den Zustand der Blutgefäße in einem Körperteil zu erfassen. Vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Dehnungsmeßstreifenplethysmographie und auf die Kompressionsplethysmographie mittels direkter Umfangänderungsmessung auf Induktionsbasis.

Bei der Dehnungsmeßstreifen- oder Strain-Gauge-Plethysmographie wird ein dehnbarer Meßstreifen um das zu untersuchende Körperteil, zum Beispiel

einen Arm oder ein Bein gelegt. Herznäher wird in diesem Körperteil dann mit einer aufblasbaren Manschette der venöse Rückfluß des Blutes behindert. Die Blutstauung führt zu einer Veränderung des Umfangs des betroffenen Körperteils, was wiederum zu einer Dehnung des Meßstreifens führt. Aus  
5 der Dehnung des Meßstreifens, die von dem auf die Manschette ausgeübten Druck abhängt, kann auf Eigenschaften oder Veränderungen der Blutgefäße geschlossen werden. Diese Auswertung der Dehnung in Abhängigkeit von der hervorgerufenen Stauung beruht auf bekannten Verfahren.

- 10 Typischerweise wird heute bei der Dehnungsmeßstreifenplethysmographie ein Meßstreifen verwendet, der aus einem mit Quecksilber gefüllten dehnbaren Silikonschlauch besteht. Bei einer Ausdehnung des Körperteils um den der Meßstreifen gelegt ist dehnt sich der Silikonschlauch aus und verformt die darin befindliche Quecksilbersäule. Dadurch ändert sich der elektrische  
15 Widerstand der Quecksilbersäule. Diese Widerstandsänderung wird gemessen und von ihr wird dann auf die Dehnung des Silikonschlauchs und damit des Körperteils zurückgeschlossen. Dieser Rückschluß setzt notwendigerweise die Kenntnis des Zusammenhangs zwischen der Widerstandsänderung und der Meßstreifendehnung voraus. Vorrichtungen zur Strain-Gauge-Plethysmographie  
20 müssen deshalb vor ihrem Einsatz kalibriert werden. Diese Kalibrierung muß praktisch vor jeder einzelnen Untersuchung eines Körperteils vorgenommen werden, da das Verhältnis von Widerstand der Quecksilbersäule zu Dehnung des Meßstreifens von einer Vielzahl von Parametern, wie der Umgebungstemperatur und der Körpertemperatur des Patienten, der Vorspannung des  
25 Silikonschlauchs und dem Umfang des untersuchten Körperteils abhängt.

Die Kalibrierung erfolgt dadurch, daß der in der Untersuchungsposition befestigte Meßstreifen definiert gedehnt wird und die dabei auftretende Widerstandsänderung gemessen wird. Typischerweise werden dabei mehrere  
30 aufeinanderfolgende definierte Dehnungen des Meßstreifens ausgeführt und

die zugehörigen Widerstandsänderungen gemessen. Daraus wird dann unter Annahme eines linearen oder sonstigen Zusammenhangs der Meßgrößen ein Umrechnungsfaktor bestimmt. Zur Kalibrierung ist an dem Meßstreifen eine Kalibriervorrichtung angebracht, die in herkömmlichen Apparaten in der Regel aus einer Rändelschraube zur Dehnung des Meßstreifens besteht. Bei der Kalibrierung verstellt die Bedienperson, zum Beispiel ein Arzt oder eine Krankenschwester, dann die Länge des Meßstreifens immer wieder manuell.

Bei dieser manuellen Änderung der Dehnung übt die Bedienperson immer wieder Störkräfte auf das meist sehr leichte Meßsystem aus, so daß man für eine exakte Messung immer wieder die Relaxation des Systems abwarten muß. Die Relaxationszeiten des Systems können dabei sehr lang und sehr unterschiedlich sein. Eine zusätzliche Dehnung des Silikonschlauches zum Beispiel kann relativ schnell relaxieren, während eine Eindrückung im Gewebe des zu untersuchenden Körperteiles sehr viel mehr Zeit bis zum Wiedererreichen des Ausgangszustandes benötigt. Das führt zu erheblichen Zeitverlusten bei der Untersuchung. Außerdem besteht bei der manuellen Berührung der an dem Körperteil anliegenden Meßvorrichtung die Gefahr, daß der Meßstreifen auf der Haut des Patienten verschoben wird. Das kann zu Verfälschungen der Kalibrierung und damit zu Ungenauigkeiten bei der Auswertung der Meßwerte führen. Nachteilig ist insbesondere, daß es sehr vom Geschick der jeweiligen Bedienperson abhängt, ob die Messung schnell und zuverlässig durchgeführt werden kann. Dadurch verliert die Messung sowohl an Verlässlichkeit, wie auch an Reproduzierbarkeit. Um den durch die Bedienperson verursachten Meßfehler während einer Meßreihe unverändert zu halten, müßte nämlich die gleiche Bedienperson alle Messungen ausführen. Das ist gerade bei längeren Versuchsreihen und Forschungsprojekten nicht ohne weiteres möglich.

## 1. Ausführungsform

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zur Dehnungsmeßstreifenplethysmographie bereitzustellen, das schnell und einfach handhabbar ist und dabei aber zuverlässig genaue Meßwerte liefert. Diese Aufgabe wird durch das in den Ansprüchen beschriebene Verfahren und die in den Vorrichtungsansprüchen beschriebene Apparatur gelöst.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur venösen Kompressionsplethysmographie unter Verwendung eines Dehnungsmeßstreifens bereitgestellt, wobei der Dehnungsmeßstreifen ohne Berührung durch eine Bedienperson kalibriert wird. Vorzugsweise wird die Kalibrierung automotiv unter Verwendung eines Elektromotors, einer Pneumatik oder einer Federmechanik ausgeführt, der bzw. die für die Verstellung einer Rändelschraube oder sonstigen Vorschubeinrichtung sorgt, so daß die gewünschte definierte Dehnung eingestellt werden kann. Besonders bevorzugt ist die Verwendung eines Mikroprozessors zur Steuerung der Kalibriereinrichtung. Dadurch kann ohne direkten Kontakt der Bedienperson mit dem Meßstreifen oder der Kalibriereinrichtung die Kalibrierung der Dehnungsmessung vorgenommen werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren werden im folgenden anhand der Figuren beschrieben. Dabei zeigt:

- Figur 1: Prinzip der Dehnungsmeßstreifenplethysmographie.
- Figur 2: Erfindungsgemäße Vorrichtung zur Dehnungsmeßstreifenplethysmographie.

Figur 1 zeigt eine Vorrichtung zur venösen Kompressionsplethysmographie mit einer Manschette 2, die ein Körperteil 1, zum Beispiel ein Bein, umfaßt

und deren Innendurchmesser 1 mit einer Pumpe 3 verändert werden kann. Weiterhin umfaßt die Vorrichtung einen Dehnungsmeßstreifen 4, der ebenfalls das Körperteil 1 umfaßt. Der Dehnungsmeßstreifen 4 besteht aus einem röhrenförmigen flexiblen Aufnahmematerial, vorzugsweise einem Silikon-  
5 schlauch, und einem darin befindlichen dehnbaren und elektrisch leitenden Material, vorzugsweise Quecksilber oder einer Quecksilber enthaltenden Mischung. An beiden Enden des Meßstreifens 4 ist jeweils ein elektrischer Kontakt angebracht. Diese Kontakte sind über Leitungen 5 mit Aufzeichnungseinrichtung 6 verbunden, die zur Messung des elektrischen Widerstands  
10 in der Substanz oder einer dazu komplementären Größe wie dem Spannungsabfall oder dem Stromfluß geeignet ist. Die Signale der Aufzeichnungseinrichtung 6 und der Pumpe 3 werden dann zu einer Auswerteeinheit 7 geleitet, wo die Meßergebnisse in Abhängigkeit von einem Maß für die Änderung des Innendurchmessers der Manschette 2, im Regelfall dem von  
15 der Pumpe 3 auf die Manschette 2 ausgeübten Druck, ausgewertet werden.

Statt des elektrischen Widerstands kann auch eine beliebige andere Meßgröße M. zum Beispiel die Zahl von Interferenzlinien von sich überlagernden Lichtstrahlen, verwendet werden, deren Veränderung  $\Delta M$  ein Maß für die  
20 Dehnung des Meßstreifens 4 ist. Der Dehnungsmeßstreifen kann dann entsprechend anders gestaltet sein, braucht also nicht aus einem Aufnahmematerial und einer darin angeordneten elektrisch leitenden Substanz zu bestehen.

25 Der Dehnungsmeßstreifen 4 muß auf dem Körperteil 1 in Umfangsrichtung beweglich sein, um sich bei einer Umfangsänderung des Körperteils 1 entlang seiner gesamten Länge dehnen zu können. Andernfalls kann der Dehnungsmeßstreifen 4 nämlich an einer bestimmten Stelle des Körperteils 1 haften bleiben, so daß er dort lokal überdehnt wird, während er an anderen  
30 Stellen überhaupt nicht gedehnt wird. Die Folge davon sind unzuver-

lässige Messungen. Im Regelfall wird dem Dehnungsmeßstreifen 4 deshalb ein Gleitband unterlegt, das eine Bewegung des Meßstreifens 4 entlang dem Umfang des Körperteils 1 erlaubt. Das kann dadurch erreicht werden, daß der Meßstreifen 4 auf dem Gleitband oder das Gleitband auf der Haut gleitet oder beide Effekte auftreten. Es ist aber auch denkbar, daß der Meßstreifen 4 selbst derart ausgebildet, zum Beispiel beschichtet ist, daß er auf der Haut gleitet.

An dem Dehnungsmeßstreifen 4 ist eine Kalibriervorrichtung angebracht. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung erfolgt die Bedienung der Kalibriervorrichtung berührungsfrei, also ohne daß eine Bedienperson Hand anlegt. Das kann zum Beispiel mit Hilfe eines Elektromotors oder einer Pneumatik oder auch einer Federmechanik in der Kalibriervorrichtung geschehen. Die Kalibrierung wird vorzugsweise von einem Mikroprozessor gesteuert.

Figur 2 zeigt eine besonders bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Diese besitzt eine Kalibriervorrichtung 10 mit mindestens folgenden Elementen: Einem berührungsfrei zum Beispiel elektrisch oder pneumatisch gesteuerten Linearantrieb 12 mit einer Schubstange 18, die einen Befestigungspunkt 19 aufweist, und einem Spannband 23, das aus einem ersten Teil, der an Befestigungspunkt 19 mit der Schubstange 18 des Linearantriebs 12 verbunden ist, und einem zweiten Teil, der an einem Befestigungspunkt 20 mit dem Dehnungsmeßstreifen 14 verbunden ist, besteht, wobei der erste Teil als Schlaufe durch eine Lasche im zweiten Teil derart geführt ist, daß die Länge des Spannbands 23 zwischen den Befestigungspunkten 19 und 20 verändert werden kann. Dadurch kann die Meßvorrichtung auf Körperteilen unterschiedlichen Umfangs verwendet werden. Das andere Ende des Meßstreifens 14 ist an Klemmvorrichtung 13 mit der Kalibriervorrichtung 10 verbunden. Das Spannband 23 kann über eine Umlenkeinrichtung 24 geführt werden, um einen korrekten Verlauf



sicherzustellen. Das Ende 25 des Spannbands 23 kann zum Beispiel mit einem Klettverschluß auf seinem gegenläufigen Teil fixiert sein. Weiter enthält die Kalibriervorrichtung 10 eine Längenmeßeinrichtung 21, die geeignet ist, das Körperteil 1 zu umfassen, aber auch nur aus einem relativ  
5 kleinen Abschnitt bestehen kann. Die Längenmeßeinrichtung ist derart angebracht, daß die Länge des Meßstreifens 14 bestimmt werden kann. Vorzugsweise weist die Kalibriervorrichtung 10 einen Befestigungspunkt 22 zur Befestigung eines das Körperteil 1 umfassenden Gleitbandes 15 auf, und, ebenfalls vorzugsweise, enthält sie einen Temperaturfühler 16 für die Mes-  
10 sung der Oberflächentemperatur des Körperteils 1. Besonders bevorzugt ist die Anbringung eines weiteren, hier nicht gezeigten, Temperaturfühlers für die Umgebungstemperatur. Soweit technisch möglich kann natürlich auch ein einziger Temperaturfühler für die Bestimmung der Haut- und der Umgebungstemperatur verwendet werden. Es ist auch möglich, daß ein einziger  
15 Temperaturfühler eine Mischtemperatur aus Haut- und Umgebungstemperatur mißt, wenn diese Temperatur zur Korrektur der Meßwerte geeignet ist.

Die in Figur 1 gezeigte Vorrichtung wird gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren folgendermaßen betrieben. Eine Manschette 2 wird um ein zu  
20 untersuchendes Körperteil 1 gelegt. Dabei kann es sich um eine größere Extremität wie ein Bein oder einen Arm handeln, es können aber auch kleinere Gliedmaßen wie Finger oder Zehen untersucht werden. Diese Manschette 2 erzeugt, wenn sie über Pumpe 3 entsprechend mit Druck versorgt wird, eine Stauung des venösen Blutrückstroms in dem distal  
25 gelegenen Körperteil 1. Weiter vom Herzen entfernt wird auf demselben Körperteil dann ein Dehnungsmeßstreifen 4 angebracht. Wenn das Körperteil 1 aufgrund der erzeugten Blutabflußhemmung seinen Umfang verändert, dehnt sich auch der Meßstreifen 4 entsprechend. Dadurch ändert zum Beispiel die Substanz in dem Meßstreifen 4 ihren elektrischen Widerstand.  
30 Diese Widerstandsänderung wird mit einem Meßgerät 6, das über Leitung

5 an die beiden Enden des Meßstreifens 4 angeschlossen ist, gemessen. Um bei einem bestimmten Druck auf die Manschette 2, der ein Maß für deren Innendurchmesser  $I$  bzw. dessen Änderung  $\Delta I$  ist, aus der Änderung  $\Delta R$  des Widerstands  $R$  der Substanz auf eine Dehnung  $\Delta D$  des Meßstreifens 4 zu schließen, muß die Apparatur zuerst kalibriert werden. Die Kalibrierung geschieht dadurch, daß mit Hilfe der zum Beispiel von einem Elektromotor angetriebenen Kalibriervorrichtung eine definierte Dehnung  $\Delta D_{12}$  eingestellt wird und der dazugehörige Wert der Widerstandsänderung  $\Delta R_{12}$  gemessen wird. Dieser Schritt kann mehrfach wiederholt werden, je nach den Anforderungen an die Meßgenauigkeit. Vorzugsweise wird die Kalibrierung durch Auswertung von zwei Widerstandsänderungen  $\Delta R_{12}$  und  $\Delta R_{23}$  für zwei aufeinanderfolgende definierte Dehnungen  $\Delta D_{12}$  und  $\Delta D_{23}$  vorgenommen. Bevorzugt ist aber auch eine Kalibrierung durch mindestens zweimalige Bestimmung der Widerstandsänderung  $\Delta R_{12}$  für die gleiche definierte Dehnung  $\Delta D_{12}$ , wobei die Dehnung zwischen zwei Bestimmungen der Widerstandsänderung auf das Ausgangsmaß zurückgeführt wird.

Bei Verwendung der Vorrichtung nach Figur 2 wird zu Beginn der Messung der Meßstreifen 14 auf Gleitband 15 um das Körperteil 1 gelegt. Dazu wird der erste Teil des Spannbands 23 durch die Lasche des zweiten Teils des Spannbands 23 geführt und dann zum Beispiel mit einem Klettverschluß an dem gegenläufigen Teil des Spannbands 23 befestigt. Dann wird das Spannband 23 so eingestellt, daß der das Körperteil 1 umgebende dehnbare Meßstreifen 14 eine bestimmte vorgegebene Länge  $L_0$  hat. Das ist möglich, weil der Meßstreifen 14 nicht das gesamte Körperteil 1 umfaßt, sondern durch die Kalibriervorrichtung 10 unterbrochen ist. Die Einstellung einer definierten effektiven Ausgangslänge  $L_0$  des Meßstreifens 14 für die Messung ist nötig, weil die für eine relative Dehnung  $\Delta D$  benötigte Kraft von der absoluten Länge bzw. der Vordehnung des Meßstreifens 14 abhängt. Unter effektiver Länge wird hier die an dem Körperteil 1 anliegende Länge des

Dehnungsmeßstreifens 14 verstanden. Das an der Kalibriervorrichtung 10 angebrachte Längenmeßband 21, das das Körperteil 1 mindestens teilweise umgibt, ermöglicht die Bestimmung der effektiven Länge des Dehnungsmeßstreifens 14. Durch eine Verstellung der Länge des Spannbandes 23 kann die gewünschte Länge  $L_0$  des Meßstreifens 14 eingestellt werden. Mit Hilfe des Längenmeßstreifens 21 kann auch der ungedehnte Umfang des Körperteils 1 in der Meßebeane bestimmt werden. Wenn der Längenmeßstreifen 21 das Körperteil 1 vollständig umgibt, wird der Umfang des Körperteils direkt gemessen, wenn der Meßstreifen 21 das Körperteil 1 nur teilweise ergibt, muß die gewünschte Größe unter Zuhilfenahme der bekannten Länge zum Beispiel des Gleitbands 15 ermittelt werden.

Während der Messung sollte möglichst die Hauttemperatur des Körperteils 1 und die Umgebungstemperatur beobachtet werden. Eine Veränderung der Meßtemperatur um wenige Grad kann nämlich bereits zu einer Dehnung des Meßstreifens 14 führen, die zu einem signifikanten Meßfehler führt. Deshalb wird vorzugsweise ein Temperatursensor 16 für die Oberflächentemperatur des Körperteils 1 vorgesehen. Da die Meßtemperatur aber nicht unbedingt mit der Temperatur der Haut des Körperteils 1 übereinstimmen muß, kann auch ein weiterer Temperatursensor für die Umgebungstemperatur vorgesehen werden. Für beide Temperaturen oder für eine Mischtemperatur kann auch ein einziger Meßsensor vorgesehen werden. Entsprechend den Signalen der Temperatursensoren kann dann die Länge des Dehnungsmeßstreifens 14 nachgeregelt oder die Messung sonst korrigiert werden oder es kann ein Fehlersignal ausgegeben werden, das zum Abbruch der Messung führt.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die entsprechend Vorrichtung bietet die Voraussetzung die Absolutwerte von mikrovaskulären Parametern und auch von deren periodischen Schwankungen einfach und zuverlässig zu bestimmen.

## 2. Ausführungsform

Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Kompressionsplethysmographie anzugeben, die eine direkte umfängliche Längenänderung vornimmt und die Nachteile des Standes der Technik nicht aufweist.

Diese Aufgabe wird von der Vorrichtung gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung zur venösen Kompressionsplethysmographie unter Verwendung einer direkten umfänglichen Längenänderung bereitgestellt, wobei der induktive Wegmesser ohne Berührung durch eine Bedienperson kalibriert wird. Vorzugsweise wird die Kalibrierung automotiv unter Verwendung eines Elektromotors, einer Pneumatik oder einer Federmechanik ausgeführt, der bzw. die für die Verstellung einer Rändelschraube oder sonstigen Vorschubeinrichtung sorgt, so daß die gewünschte definierte Dehnung eingestellt werden kann. Besonders bevorzugt ist die Verwendung eines Mikroprozessors zur Steuerung der Kalibriereinrichtung. Dadurch kann ohne direkten Kontakt der Bedienperson mit dem Wegmesser oder der Kalibriereinrichtung die Kalibrierung der umfänglichen Längenänderung vorgenommen werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren werden im folgenden anhand der Figuren beschrieben. Dabei zeigt:

- Figur 3: Prinzip der erfindungsgemäßen Plethysmographie.
- Figur 4: Erfindungsgemäße Vorrichtung zur Kompressionsplethysmographie.
- Figur 5: Explosionsdarstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung
- Figur 6: Perspektivische Darstellung des erfindungsgemäßen Trägersgurt

Figur 3 zeigt eine Vorrichtung zur venösen Kompressionsplethysmographie mit einer Manschette 2, die ein Körperteil 1, zum Beispiel ein Bein, umfaßt und deren Innendurchmesser 1 mit einer Pumpe 3 verändert werden kann. Weiterhin umfaßt die Vorrichtung eine Meßanordnung 4, der ebenfalls das  
5 Körperteil 1 umfaßt. Der Meßanordnung 4 besteht aus einem bandförmigen Trägergurt, einer einstellbaren Lagereinrichtung 11, einem Wegmesser 10 sowie aus einem dehnungsarmen, forminstabilen Kraftübertragungselement 7.

Die über den Wegmesser gewonnenen Werte sind über Leitungen 5 mit  
10 Aufzeichnungseinrichtung 6 verbunden. Die Signale der Aufzeichnungseinrichtung 6 und der Pumpe 3 werden dann zu einer Auswerteeinheit 7 geleitet, wo die Meßergebnisse in Abhängigkeit von einem Maß für die Änderung des Innendurchmessers der Manschette 2, im Regelfall dem von der Pumpe 3 auf die Manschette 2 ausgeübten Druck, ausgewertet werden.

15 An der Meßanordnung 4 ist eine Kalibriervorrichtung angebracht. Die Bedienung der Kalibriervorrichtung erfolgt berührungsfrei, also ohne daß eine Bedienperson Hand anlegt. Das kann zum Beispiel mit Hilfe eines Elektromotors oder einer Pneumatik oder auch einer Federmechanik in der Kali-  
20 briervorrichtung geschehen. Die Kalibrierung wird vorzugsweise von einem Mikroprozessor gesteuert.

Figur 4 zeigt eine besonders bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Diese besitzt eine einstellbare Lagereinrichtung mit  
25 mindestens folgenden Elementen: Einem berührungsfrei zum Beispiel elektrisch oder pneumatisch gesteuerten Stellantrieb 10 mit einer Schubstange 13, einer Getriebestufe, die aus zwei Stirnrädern besteht und einem Kupplungsstück 21, an dem das dehnungsarme forminstabile Kraftübertragungselement angekuppelt werden kann.

Figur 5 zeigt eine Explosionsdarstellung der einzelnen Baugruppen der erfindungsgemäßen Meßanordnung 4. Der Wegmesser 10 der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht aus einem Zylinder 19, der in einer Bohrung 18 bewegt wird. Durch die Bewegung wird eine Induktionsspannung induziert, so daß  
5 der zurückgelegte Weg mit der induzierten Spannung in Relation steht.

Ebenso ist eine andere Ausgestaltung des Wegmessers der erfindungsgemäßen Vorrichtung möglich, so z.B. piezoelektronische Sensoren, die ein entsprechendes Signal liefern können, oder optische Wegmesser, die z.B. mittels  
10 Inkrementalgeber Wegstrecken messen können.

Eine andere Ausführungsform integriert die Lagereinrichtung und den Wegmesser derart, daß zum Kalibrieren nur noch ein Signal abgefragt werden muß, nämlich die Induktionsspannung im Verhältnis zur Spindelhöhe. Dies  
15 kann z.B. in einem piezoelektronischen Stellantrieb realisiert werden.

Die erfindungsgemäße Lagereinrichtung 11 weist einen elektrischen Stellantrieb 12 auf, dem eine Getriebestufe 13 nachgeschaltet ist. Die Getriebestufe 13 weist ein Stirnrad 14a an der Frontseite des elektrischen Stellantriebs 12 und ein Stirnrad 14b an der Frontseite einer Spindelstange 15  
20 auf, wobei die Nabe des Stirnrades 14b offen gestaltet ist, und das dehnungsarme forminstabilen Kraftübertragungselement 7 mit der Spindelstange lösbar verbunden ist. Der Stellmotor 12 treibt die Getriebestufe 13 an, wobei die Spindelstange 15 durch ein Innengewinde in Stirnrad 14b eine  
25 Linearbewegung ausführt. Diese Linearbewegung vermag das dehnungsarme forminstabile Kraftübertragungselement mittels Kupplungsstück 21 zu spannen oder zu lockern, so daß ein kontrolliertes Nachführen des Kraftübertragungselement erfolgen kann.

Die in Figur 3 gezeigte Vorrichtung wird folgendermaßen betrieben. Eine Manschette 2 wird um ein zu untersuchendes Körperteil 1 gelegt. Dabei kann es sich um eine größere Extremität wie ein Bein oder einen Arm handeln, es können aber auch kleinere Gliedmaßen wie Finger oder Zehen untersucht werden. Diese Manschette 2 erzeugt, wenn sie über Pumpe 3 entsprechend mit Druck versorgt wird, eine Stauung des venösen Blutrückstroms in dem distal gelegenen Körperteil 1. Weiter vom Herzen entfernt wird auf demselben Körperteil dann eine Meßanordnung 4 angebracht. Wenn das Körperteil 1 aufgrund der erzeugten Blutabflußhemmung seinen Umfang verändert, wird der Trägergurt gedehnt, was eine Auslenkung des Kraftübertragungselement im Wegmesser zur Folge, wodurch eine Spannung induziert wird. Diese Spannungsänderung wird mit einem Meßgerät 6, das über Leitung 5 an die beiden Enden des Meßstreifens 4 angeschlossen ist, gemessen. Um bei einem bestimmten Druck auf die Manschette 2, der ein Maß für deren Innendurchmesser  $I$  bzw. dessen Änderung  $\Delta V$  ist, aus der Änderung  $\Delta V$  des Wegmessers auf eine Längenänderung  $\Delta L$  des Kraftübertragungselements zu schließen muß die Apparatur zuerst kalibriert werden. Die Kalibrierung geschieht dadurch, daß mit Hilfe der zum Beispiel von einem Elektromotor angetriebenen Kalibriervorrichtung eine definierte Dehnung  $\Delta L_{12}$  eingestellt wird und der dazugehörige Wert der Widerstandsänderung  $\Delta V_{12}$  gemessen wird. Dieser Schritt kann mehrfach wiederholt werden, je nach den Anforderungen an die Meßgenauigkeit. Vorzugsweise wird die Kalibrierung durch Auswertung von zwei Spannungsänderungen  $\Delta V_{12}$  und  $\Delta V_{23}$  für zwei aufeinanderfolgende definierte Dehnungen  $\Delta L_{12}$  und  $\Delta L_{23}$  vorgenommen. Bevorzugt ist aber auch eine Kalibrierung durch mindestens zweimalige Bestimmung der Spannungsänderung  $\Delta V_{12}$  für die gleiche definierte Dehnung  $\Delta L_{12}$ , wobei die Dehnung zwischen zwei Bestimmungen der Spannungsänderung auf das Ausgangsmaß zurückgeführt wird.

Bei Verwendung der Vorrichtung nach Figur 4 wird zu Beginn der Messung der Trägergurt um das Körperteil I gelegt. Die Länge des Trägergurtes kann in Abhängigkeit des Umfanges der Extremität variiert werden indem einzelne Elemente modular miteinander verbunden werden. Vorzugsweise geschieht dies durch Schnappverbindungen, die sowohl einen sicheren Halt als auch eine zuverlässige Lösbarkeit bieten. Nachdem die Meßanordnung in gewünschter Weise auf der Extremität plaziert worden ist, wird die Kalibrierung durchgeführt.

Figur 6 zeigt den erfindungsgemäßen bandartigen Trägergurt, der als Auflage auf der Haut der Extremität I dient und so ausgebildet ist, daß er im wesentlichen durch Haftung an der Hautoberfläche einen zuverlässigen Halt bietet, so daß ein Verrutschen der Meßanordnung vermieden werden kann. Der Trägergurt weist vorzugsweise einen mäanderförmigen Querschnitt auf, der sich in Längsrichtung erstreckt. Durch diese mäanderförmige Gestaltung kann der Trägergurt bei Zugbelastung in Längsrichtung gedehnt werden, und so die an der Oberseite befindlichen Führungsvorrichtungen mitführen. Die Führung der Kraftübertragungselemente ist somit jederzeit zuverlässig und im wesentlichen reibungsfrei gewährleistet. Der Trägergurt weist ferner modulare Einzelelemente auf, die durch eine lösbare Schnappverbindung derart miteinander verbindbar sind, daß die Länge des Trägergurtes nach Belieben einstellbar ist, um den Gegebenheiten unterschiedlicher Extremitäten gerecht zu werden.

Die modularen Einzelelemente weisen für die sichere und zuverlässige Führung des Kraftübertragungselemente Vorrichtungen auf, die vorzugsweise ringförmig ausgebildet sind.

Das dehnungsarme, forminstabile Kraftübertragungselement ist vorzugsweise eine Garn aus einem Polyesterwerkstoff, der sich ferner durch eine glatte,



und somit reibungsarme Oberfläche auszeichnet. Ebenso sind andere Werkstoffe für die Ausbildung des Kraftübertragungselement möglich, so z.B. Polyamidgarne oder Kohlefasern.

- 5 Die erfindungsgemäße Vorrichtung bietet die Voraussetzung die Absolutwerte von mikrovaskulären Parametern und auch von deren periodischen Schwankungen einfach und zuverlässig zu bestimmen.

DOMED Medizintechnik GmbH

5

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur venösen Kompressionsplethysmographie mit einer Manschette (2), deren Innendurchmesser I veränderbar ist, und die geeignet ist, ein Körperteil (1) zu umfassen, mit einer hiervon distal angeordneten Meßanordnung (4),

10

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Meßanordnung (4) aus einem ersten Bereich besteht, der um das Körperteil (1) gelegt wird und ein im wesentlichen dehnungsarmes forminstabiles Kraftübertragungselement (7) aufweist, das auf dem Umfang (8) eines im wesentlichen bandartigen Trägergurt (9) geführt wird,

15

aus einem zweiten Bereich besteht, der mit den beiden Enden des dehnungsarmen forminstabilen Kraftübertragungselements (7) derart in Wirkung steht, daß eine umfängliche Längenänderung des Körperteils (1) mittels des dehnungsarmen forminstabilen Kraftübertragungselements (7) von einer Meßvorrichtung (10) ermittelt wird, wobei das eine Ende des dehnungsarmen forminstabilen Kraftübertragungselements (7) mit der Meßvorrichtung (10) in Verbindung steht und das andere Ende des dehnungsarmen forminstabilen Kraftübertragungselements (7) an einer einstellbaren Lagereinrichtung (11) befestigt ist.

20

25

oder

30

daß die Meßanordnung (4) aus einem ersten Bereich besteht, der um das Körperteil (1) gelegt wird und ein im wesentlichen deh-

ndbares forminstabiles Kraftübertragungselement (7) aufweist, das auf dem Umfang (8) eines im wesentlichen bandartigen Trägergurtes (9) geführt wird,

5 aus einem zweiten Bereich besteht, der mit den beiden Enden des dehnbares forminstabilen Kraftübertragungselements (7) derart in Wirkung steht, daß eine umfängliche Längenänderung des Körperteils (1) mittels des dehnbaren forminstabilen Kraftübertragungselements (7) von einer Meßvorrichtung (10) ermittelt wird, wobei  
10 das eine Ende des dehnbaren forminstabilen Kraftübertragungselements (7) mit der Meßvorrichtung (10) in Verbindung steht und das andere Ende des dehnbaren forminstabilen Kraftübertragungselements (7) an einer einstellbaren Lagereinrichtung (11) befestigt ist.

- 15
2. Verfahren zur venösen Kompressionsplethysmographie, wobei ein Körperteil (1) mit einer Manschette (2), deren Innendurchmesser  $I$ , veränderbar ist, derart umgeben wird, daß sich in relativ zur Manschette (2) herzfern gelegenen Venen des Körperteils (1) eine  
20 Abflußhemmung des Blutes erzeugen läßt,

wobei ein Dehnungsmeßstreifen (4) an dem Körperteil (1) dieses umfassend relativ zur Manschette (2) herzfern derart angebracht wird, daß eine infolge einer Abflußhemmung des Blutes auftretende  
25 Gewebedehnung des Körperteils (1) eine Dehnung  $\Delta D$  des Dehnungsmeßstreifens (4) hervorruft,

wobei die Dehnung  $\Delta D$  des Dehnungsmeßstreifens (4) in Abhängigkeit von einem Maß für die Änderung  $\Delta I$  des Innendurchmessers  $I$  der Manschette (2), dadurch ermittelt wird, daß die Änderung  
30  $\Delta M$  einer Meßgröße  $M$  bestimmt wird, und

wobei der Zusammenhang zwischen der Meßstreifendehnung  $\Delta D$  und der Meßgrößenänderung  $\Delta M$  durch eine Kalibrierung mit Hilfe einer mit dem Dehnungsmeßstreifen (4) verbundenen Kalibriervorrichtung ermittelt wird, indem mindestens eine Meßgrößenänderung  $\Delta M_{12}$  für eine definierte Dehnung  $\Delta D_{12}$  bestimmt wird,

dadurch gekennzeichnet, daß die definierte Dehnung  $\Delta D_{12}$  für die Kalibrierung durch einen Verstellmechanismus in der Kalibriervorrichtung ohne Berührung des Dehnungsmeßstreifens (4) oder der Kalibriervorrichtung durch eine Bedienperson erzeugt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Meßgröße M der elektrische Widerstand R in einer Substanz S verwendet wird, wobei der Dehnungsmeßstreifen (4) aus einem Aufnahmematerial und der darin befindlichen Substanz S besteht und Kontakte zur Messung des elektrischen Widerstands R in der Substanz S aufweist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Aufnahmematerial ein Silikonschlauch und/oder als Substanz S Quecksilber, eine Quecksilber enthaltende Mischung, oder eine andere dehbare und elektrisch leitende Substanz verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die definierte Dehnung  $\Delta D_{12}$  für die Kalibrierung mit Hilfe eines in der Kalibriervorrichtung angebrachten Elektromotors oder einer in der Kalibriervorrichtung angebrachten Pneumatik oder Federmechanik erzeugt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kalibrierung von einem Mikroprozessor gesteuert wird.
- 3 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kalibrierung durch Auswertung von zwei Meßgrößenänderungen  $\Delta M_{12}$  und  $\Delta M_{23}$  für zwei aufeinanderfolgende definierte Dehnungen  $\Delta D_{12}$  und  $\Delta D_{23}$  erfolgt.
- 10 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kalibrierung durch mindestens zweimalige Bestimmung der Meßgrößenänderung  $\Delta M_{12}$  für die gleiche definierte Dehnung  $\Delta D_{12}$  erfolgt, wobei die Dehnung zwischen zwei Bestimmungen der Meßgrößenänderung auf das Ausgangsmaß zurückgeführt wird.
- 15 9. Vorrichtung zur venösen Kompressionsplethysmographie mit einer Manschette (2), deren Innendurchmesser I. veränderbar ist, und die geeignet ist, ein Körperteil (1) zu umfassen,
- 20 mit einem Dehnungsmeßstreifen (4), der geeignet ist das Körperteil (1) zu umfassen, und
- einer Kalibriervorrichtung, die mit dem Dehnungsmeßstreifen (4) verbunden ist und eine definierte Dehnung  $\Delta D_{12}$  des Meßstreifens (4) erlaubt,
- 25 dadurch gekennzeichnet, daß
- die Kalibriervorrichtung einen Verstellmechanismus aufweist, so daß die definierte Dehnung  $\Delta D_{12}$  ohne Berührung des Dehnungsmeßstreifens (4) oder der Kalibriervorrichtung durch eine Bedienperson erzeugt werden kann.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Dehnungsmeßstreifen (4) aus einem Aufnahmematerial und einer darin befindlichen elektrisch leitenden Substanz S besteht und Kontakte zur Messung des elektrischen Widerstands R in der Substanz S aufweist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufnahmematerial ein Silikonschlauch und/oder die Substanz S Quecksilber oder eine Quecksilber enthaltende Mischung ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kalibriervorrichtung einen Elektromotor oder eine Pneumatik zur Erzeugung der definierten Dehnung  $\Delta D_{12}$  enthält.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, gekennzeichnet durch einen Mikroprozessor zur Steuerung der Kalibrierung.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, gekennzeichnet durch eine Kalibriervorrichtung (10) mit mindestens folgenden Elementen:
- einem berührungsfrei gesteuerten Linearantrieb (12) mit einer Schubstange (18), die einen Befestigungspunkt (19) aufweist, einem Spannband (23), das aus einem ersten Teil, der an Befestigungspunkt (19) mit der Schubstange (18) des Linearantriebs (12) verbunden ist, und einem zweiten Teil, der an einem Befestigungspunkt (20) mit dem Dehnungsmeßstreifen (14) verbunden ist, besteht, wobei der erste Teil als Schlaufe durch eine Lasche im zweiten Teil derart geführt ist, daß die Länge des Spannbands (23)

zwischen den Befestigungspunkten (19) und (20) verändert werden kann,

einer Längenmeßeinrichtung (21), die das Körperteil (1) umfassen kann und derart angebracht ist, daß die effektive Länge des Dehnungsmeßstreifens (14) und der Umfang des Körperteils (1) in der Meßebene bestimmt werden kann,

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, gekennzeichnet durch einem Befestigungspunkt (22) zur Befestigung eines das Körperteil (1) umfassenden Gleitbandes (15)

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15, gekennzeichnet durch einem Temperaturfühler (16) für die Messung der Oberflächentemperatur und/oder der Umgebungstemperatur des Körperteils (1).

17. Vorrichtung zur venösen Kompressionsplethysmographie mit einer Manschette (2), deren Innendurchmesser I veränderbar ist, und die geeignet ist, ein Körperteil (1) zu umfassen, mit einer hiervon distal angeordneten Meßanordnung (4),

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Meßanordnung (4) aus einem ersten Bereich besteht, der um das Körperteil (1) gelegt wird und ein im wesentliches dehnungsarmes forminstabiles Kraftübertragungselement (7) aufweist, das auf dem Umfang (8) eines im wesentlichen bandartigen Trägergutes (9) geführt wird,

aus einem zweiten Bereich besteht, der mit den beiden Enden des dehnungsarmen forminstabilen Kraftübertragungselements (7) derart in Wirkung steht, daß eine umfängliche Längenänderung des Kör-

5        pertsils (1) mittels des dehnungsarmen forminstabilen Kraftübertragungselements (7) von einer Meßvorrichtung (10) ermittelt wird, wobei das eine Ende des dehnungsarmen forminstabilen Kraftübertragungselements (7) mit der Meßvorrichtung (10) in Verbindung steht und das andere Ende des dehnungsarmen forminstabilen Kraftübertragungselements (7) an einer einstellbaren Lagereinrichtung (11) befestigt ist.

10       18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßvorrichtung (10) und die einstellbare Lagereinrichtung (11) in einer Baueinheit vorliegen.

15       19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßvorrichtung (10) einen Wegmesser auf Induktionsbasis aufweist.

20       20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Wegmesser (10) einen, in eine Bohrung (18) bewegbaren, Zylinder (19) aufweist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die einstellbare Lagereinrichtung (11) einen elektrischen Stellantrieb (12) umfaßt.

25       22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß dem elektrischen Stellantrieb (12) eine Getriebestufe (13) nachgeschaltet ist.



23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Getriebestufe (13) aus zwei Strinrädern (14a, 14b) besteht und die Achsen der beiden Stirnräder im wesentlichen parallel sind.
- 5 24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß das eine Stirnrad (14a) an der Frontseite des elektrischen Stellantriebs (12) angeordnet ist und das andere Stirnrad (14b) an der Frontseite einer Spindelstange (15) angeordnet ist, wobei die Nabe des Stirnrades (14b) offen gestaltet ist, und das dehnungsarme forminstabilen Kraftübertragungselement (7) mit der Spindelstange lösbar verbunden ist.
- 10 25. Vorrichtung nach einer der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß der bandartige Trägergurt (9) in der Mitte eine Vorrichtung (16) zum gleitarmen Führen des dehnungsarmen forminstabilen Kraftübertragungselements (7) aufweist.
- 15 26. Vorrichtung nach einer der Ansprüche 17 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß der bandartige Trägergurt (9) einen mäanderartigen Querschnitt (17) aufweist, der sich in Längsrichtung des Trägergurts (9) erstreckt.
- 20 27. Vorrichtung zum Messen einer umfänglichen Längenänderungen einer Körperextremität bestehend aus einem bandartigen Trägergurt dadurch gekennzeichnet, daß der Trägergurt einen mäanderförmigen Grundriß aufweist.
- 25 28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß der mäanderförmige Grundriß aus in Längsrichtung angeordneten Kurvenstücke und in Querrichtung angeordneten Holmen besteht, wobei
- 30

die Holme als auch die Kurvenstücke bei Zugbelastung des Trägersgurtcs in Längsrichtung elastische Verformungen erfahren.

- 5 29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge des Trägersgurtcs durch modulare Längenelemente bestimmbar ist, wobei die einzelnen Trägersgurtelemente durch eine lösbare Verbindung mit einander in Wirkung stehen.
- 10 30. Vorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Holmen Führungseinrichtungen (20) angeordnet sind.
31. Vorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den einzelnen Trägersgurtelementen Führungseinrichtungen (20) angeordnet sind.

Fig. 1

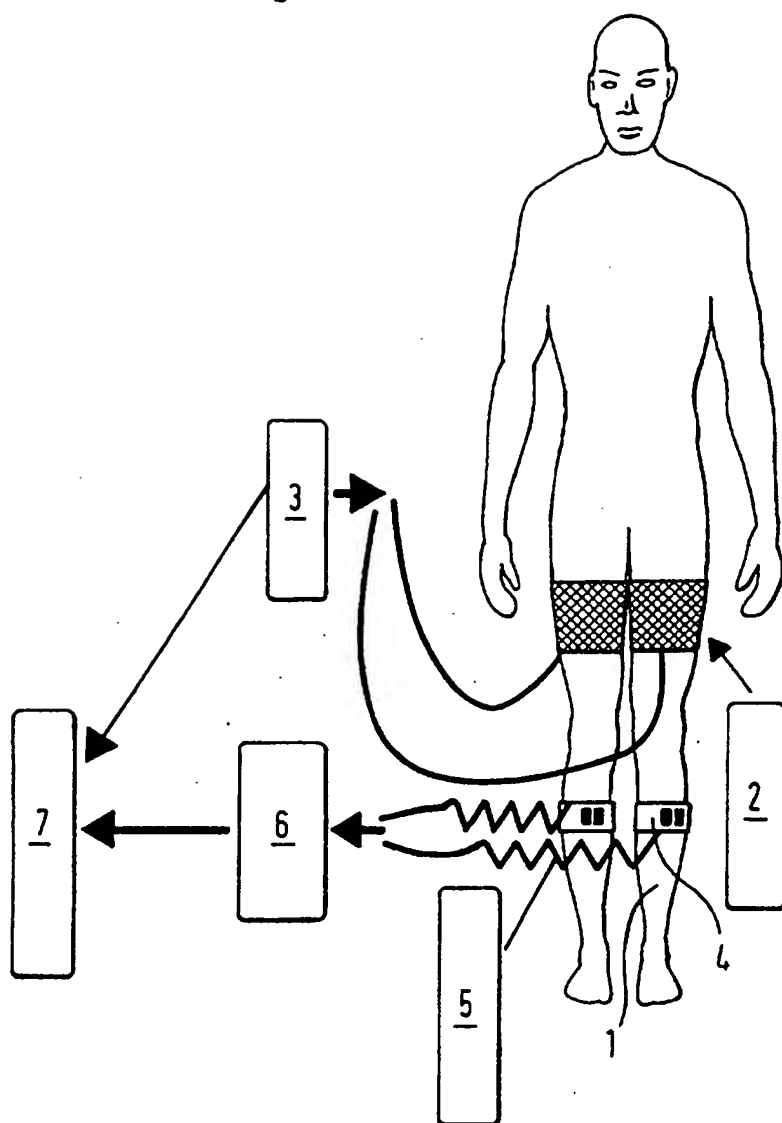


Fig. 2

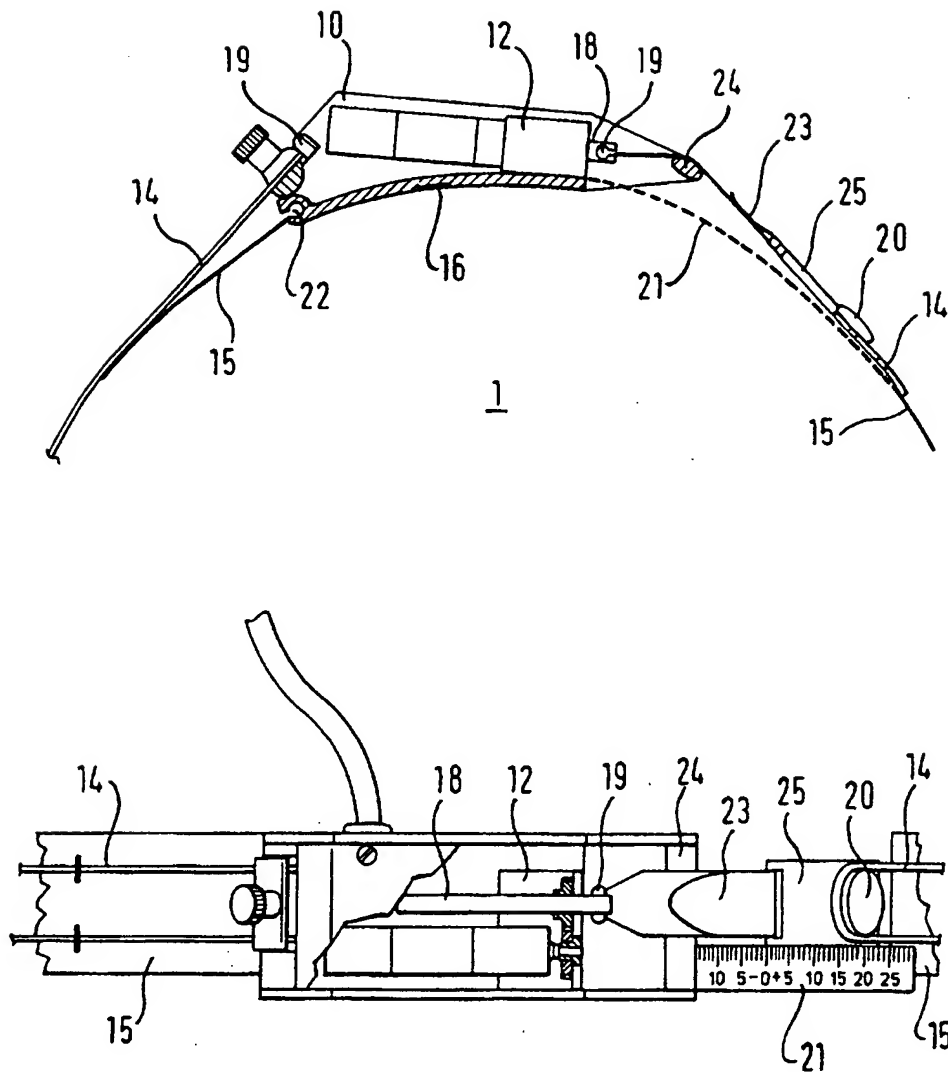
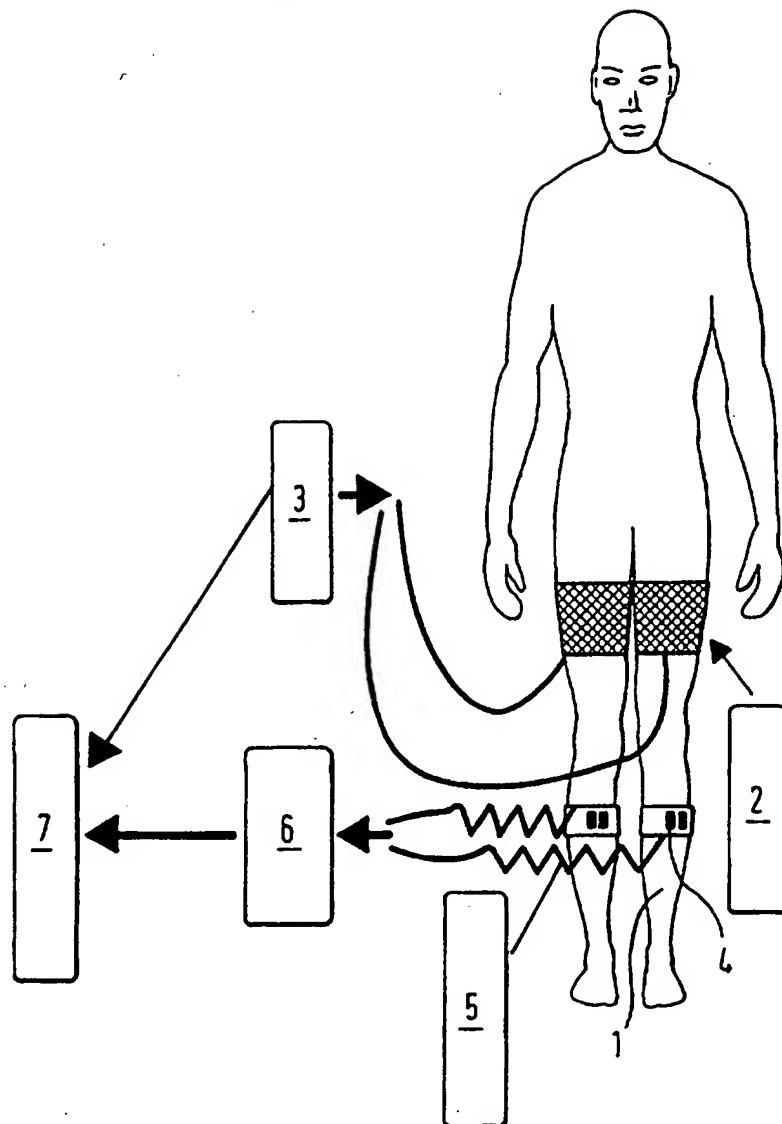
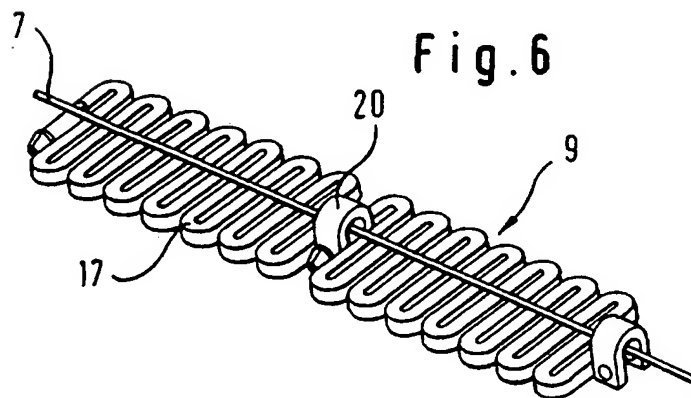
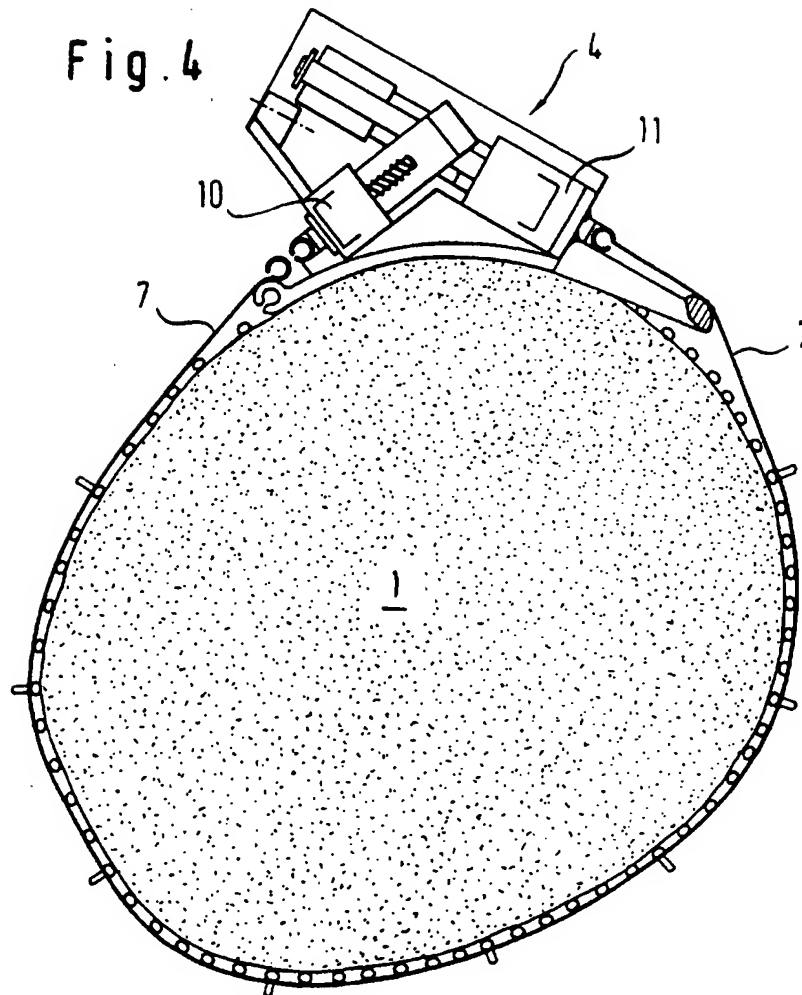


Fig. 3



4 / 5



ERSATZBLATT (REGEL 20)

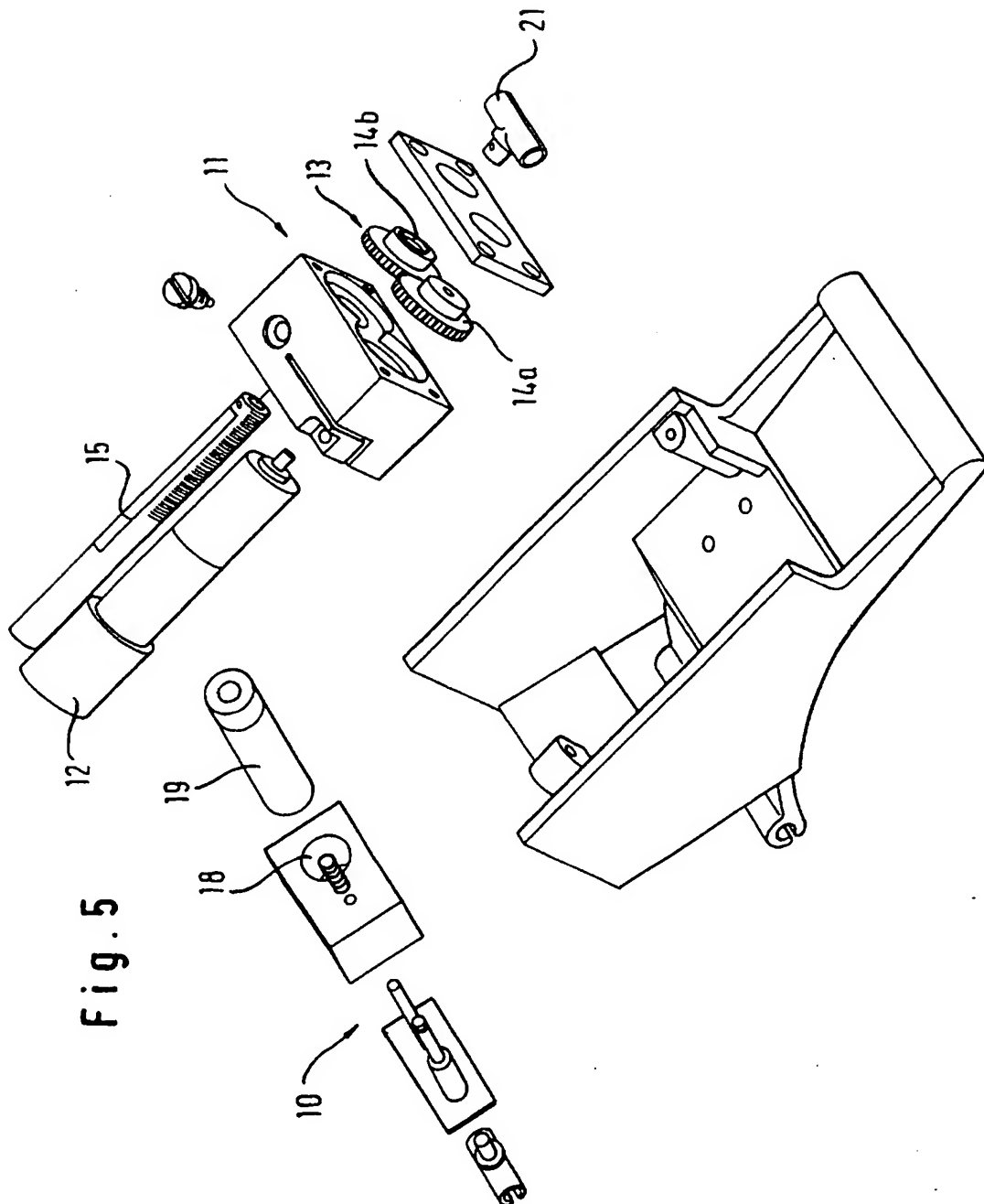


Fig. 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 97/03409

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 A61B5/103 A61B5/026

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 847 142 A (WILLIAMS, JR. ET AL.) 12 November 1974 see column 3, line 5 - column 4, line 42 see figures 1-5	1
A	-----	2-4, 9-11, 14, 18
A	US 4 144 878 A (WHEELER) 20 March 1979 see column 5, line 50 - column 8, line 36 see figures 1,2	1,2,9,17
A	----- US 4 452 252 A (SACKNER) 5 June 1984 see column 2, line 43 - column 3, line 37 see column 2, line 43 - column 3, line 37 see column 6, line 34 - line 60 see figures 1A,2A,4	17

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 December 1997

Date of mailing of the international search report

18/12/1997

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Chen, A



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 97/03409

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3847142 A	12-11-74	NONE	
US 4144878 A	20-03-79	US 3996924 A	14-12-76
US 4452252 A	05-06-84	US 4456015 A	26-06-84
		US 4597394 A	01-07-86

PCT/EP 97/03409

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/03409

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>US 4 452 252 A (SACKNER) 5.Juni 1984  siehe Spalte 2, Zeile 43 - Spalte 3, Zeile 37  siehe Spalte 2, Zeile 43 - Spalte 3, Zeile 37  siehe Spalte 6, Zeile 34 - Zeile 60  siehe Abbildungen 1A,2A,4  -----</p>	17

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/03409

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3847142 A	12-11-74	KEINE	
US 4144878 A	20-03-79	US 3996924 A	14-12-76
US 4452252 A	05-06-84	US 4456015 A	26-06-84
		US 4597394 A	01-07-86